

Miro Saiha

# Määrälaskennan kehittäminen tietomallimaisessa suunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

3.4.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Miro Saiha Määrälaskennan kehittäminen tietomallimaaisessa suunnittelussa. 27 sivua + 1 liitettä 3.4.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	sähköinen talotekniikka
Ohjaajat	lehtori Vesa Sippola
<p>Tämän insinöörityön aiheena oli tutkia sähköisen määrälaskennan nykytilaa, menettelytapoja ja kuinka voitaisiin kehittää erityisesti keskittyen kaapelien ja sähköpisteiden määrien laskentaan ja niiden toteuttamismahdollisuuksiin. Työssä tutkittiin lisäksi piirtämisen menettelytapoja tietomallimaaisessa suunnittelussa ja sillä, miten se eroaa perinteisestä sähkösuunnittelusta.</p> <p>Työssä käytettiin Magicad Electrical -suunnitteluohjelmaa sähkösuunnittelun osalta. Lisäksi käytettiin Microsoft Exceliä luomaan vaihtoehtoinen malli itse määräluettelon tekemiseen.</p> <p>Työssä tehtiin kaksi erillistä luetteloa määrälaskennasta ja tuloksena saatiin ohjeistus niiden luomisesta. Ensimmäisessä luettelossa tuotettiin tasopiirustuksesta kappalemääräinen luettelo sähköpisteistä, josta tehtiin piirustuksen osaksi liitettävä luettelo ja erikseen liitettävä luettelo. Toisessa tehtiin metrimääräinen luettelo, joka voidaan liittää erikseen liitettävään luetteloon tai sisällyttää piirustukseen.</p>	
Avainsanat	määräluettelo, määrälaskenta, tietomalli, sähkösuunnittelu

Author Title	Miro Saiha Bill of Quantities in BIM-based Electrical Planning
Number of Pages Date	27 pages + 1 appendices 3 April 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	Electrical Building Services
Instructors	Vesa Sippola, Lecturer Merja Lapila, Electrical Design Manager
<p>The aim of this bachelor's thesis was to develop the methods of electrical installations planning and quantity takeoffs. For this purpose, the present state of BIM planning and quantity takeoffs for electrical installations in MagiCAD Electrical were studied.</p> <p>The final year project depended on MagiCAD Electrical, and Microsoft Excel as tools. The features of MagiCAD were studied to establish whether a more comprehensive quantity takeoff was possible. Additionally, standards, instructions and regulations were studied. It was shown that a designer can create a bill of quantities more easily and quickly than a contractor. The addition of cable measures and quantities on the bill of quantities also adds work, but it can be done with cable packets which can define cable routes all the way to the switchboard.</p> <p>This thesis showed that adding quantities in Excel files or drawings is not difficult, although a reasonable choice of how to do it depends on the project. A BIM-based project is the best in this respect. However, some questions remained, about responsibilities and ways to include a bill of quantities in the bid, which has to be the client's initiative.</p> <p>The thesis succeeded in offering the company a way to improve the quality of drawings. Furthermore, the thesis produced proper guidance for designing and samples for the company, on two different platforms.</p>	
Keywords	bill of quantities, Building Information Model, electrical design

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta ja tavoitteet	1
1.2	Toimeksiantaja	2
2	Suunnittelun eteneminen	2
2.1	Tarveselvitys	2
2.2	Hankesuunnittelu	2
2.3	Ehdotus- ja yleissuunnittelu	3
2.4	Toteutussuunnittelu	4
2.5	Lisä- ja muutostyöt	5
2.6	Rakentaminen ja käyttöönotto	6
3	Urakkamuodot ja niiden vaikutus suunnitteluun	7
3.1	Pääurakkamuodot	7
3.2	Osaurakkamuodot	8
3.3	Urakkamuodot maksuperusteen mukaan	9
4	Tietomalli	10
4.1	Yleistä	10
4.2	Standardit ja ohjeistukset	10
5	Määrälaskenta	11
5.1	Nykytila ja haasteet	11
5.2	Määräluettelot	12
6	Tietomallipohjainen suunnittelu MagiCADilla	13
7	Sähköinen määrälaskenta MagiCADilla	16
7.1	Pisteluettelo	16
7.2	Kaapelien lisääminen määrälaskentaan	21
8	Päätelmät	25
	Lähteet	27

## Liitteet

Liite 1. ST 13.80 Määräluettelomalli

## Lyhenteet

TATE 18	taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo
MagiCAD	Autodesk-ohjelmiston pohjalta toimiva suunnitteluohjelmisto
STUL ry	Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto
YTV 2012	yleiset tietomallivaatimukset 2012
IFC	kansainvälinen rakennusalan standardi tiedostonsiirtoon
Dialux	valaistussuunnitteluohjelma eri valaistustilanteiden simuloimiseen

## 1 Johdanto

Talotekniikka-ala on ottamassa isoja kehitysaskelia kokonaisvaltaisempaan tietomallintamiseen ja sen hyödyntämiseen. Sähkösuunnittelussa asia on tuoreempi, mutta sitä ollaan tuomassa kovaa vauhtia suunnitteluun, varsinkin isoimpiin kohteisiin, joissa tarkkuutta ja pitkäjänteisyyttä vaaditaan entistä enemmän rakennusprosessin aikana, kun virheiden merkitys korostuu.

Sähköinen määrälaskenta on ollut murrosvaiheessa suunnittelun puolella jo jonkin aikaa, mutta kysymykset vastuusta, kustannuksista ja tilaajien halukkuudesta sisällyttää määrälaskenta tarjoukseen ovat vielä epäselviä.

Tässä insinöörityössä tarkastellaan määrälaskennan nykytilaa, menettelytapoja ja joilla sitä voitaisiin kehittää erityisesti keskittyen varsinkin kaapelien laskentaan ja sen toteutismahdollisuuksiin. Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää työn tilaajalle, insinööri-toimisto Leo Maaskola Oy:lle, ohjeistus ja mallipohja kokonaisvaltaiseen määrälaskentaan.

### 1.1 Tausta ja tavoitteet

Määrälaskentaa on lähdetty jo kehittämään muun muassa sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry:n toimesta, joka perusti kehitysryhmän tarjoustoimintaa varten. Tämän seurauksena päivitettiin uusi ST-kortti 13.80 [1]. Kortissa on tuotu esille määräluettelon hyödynnettävyys ja tarpeellisuus esimerkein eri tavoin. Työryhmässä oli mukana niin tilaajia, suunnittelijoita ja urakoitsijoiden edustajia, joten voidaan todeta, että aihe on vähintäänkin laaja ja tärkeä asia. Aiheesta on tehty opinnäytetöitä ennenkin, mutta oma ajatus opinnäytetyössä on tuoda vielä konkreettisemmin esille metodien helppokäyttöisyys ja niiden hyödyllisyys. Lähdin myös kehittämään tätä pidemmälle, mitä kehitysryhmä ei vielä ottanut kantaa, nimittäin kaapelien määrälaskentaan. Aihe on selvästikin hankala, sillä muuten se olisi jo laajassa käytössä. Tästä inspiroituneena halusin tutkia kehittämisen mahdollisuuksia ja sillä, kuinka jokaisen aikaa ja työtä voitaisiin keventää. Yksi suurista kysymyksistä on, mihin nämä metodit soveltuvat, kuinka muunneltavissa ne ovat ja kuinka tämä vaikuttaa kustannuksiin.

## 1.2 Toimeksiantaja

Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy on vuonna 1956 perustettu talotekniikan suunnittelu-toimisto. Toiminta kattaa talotekniikan LVI-, sähkö- ja rakennusautomaatiojärjestelmät. Suunnittelun lisäksi yritys hoitaa taloteknistä valvontaa. Erikoisosaamisalueina ovat vaa-tivat restaurointi- ja korjaushankkeet, pesulatekniikka ja oppilaitokset. Yrityksessä työs-kentelee tällä hetkellä 40 henkilöä. Vuonna 2017 Maaskolan liikevaihto oli 4 milj. euroa. [2]

## 2 Suunnittelun eteneminen

Hankkeessa yleensä edetään TATE 18:n mukaan, joka on taloteknisen suunnittelun teh-täväluettelo. Asiakirjan tarkoituksena on antaa yhteinen ohjeistus taloteknisiin tehtäviin ja järjestelmän laajuuden määrittämiseen hankkeen vaiheissa. Tehtävien määrittelyssä luetteloa voidaan käyttää apuna hankkeen vaiheissa ja sopimusteknisissä asioissa. TATE 18 sisältää LVI-, RAU- ja sähkön järjestelmät. [3]

### 2.1 Tarveselvitys

Tarveselvitysvaihe on ensimmäinen päävaihe, kun aletaan selvittämään hankkeen edel-lytyksiä rakentamiselle, asetetaan tavoitteet ja perustellaan hankinnan tarpeellisuus tai olemassa olevan tilan muutostarve [4].

Suunnittelijalla ei yleensä ole roolia tässä vaiheessa, mutta ei ole myöskään tavatonta, jos on mukana, sillä jo tässä vaiheessa tilaajan pyynnöstä suunnittelija voi hankesuun-nitelman tavoin auttaa kartoittamisessa, laskelmissa tai muuten toimia asiantuntijana ta-loteknisiin ongelmiin liittyen.

### 2.2 Hankesuunnittelu

Hankesuunnittelussa suunnittelija on usein jo mukana. Tässä vaiheessa tehdään selvi-tystyötä hankkeen mahdollisuuksista ja toteuttamistarpeista. Kustannuskysymykset nou-sevat pintaan tässä vaiheessa, joten toteutuksen alustavan määrittelyn lisäksi eri tilojen



mahdollisimman tarkka määrittely luo hyvän pohjan hankesuunnitelmaan. Tämän pohjalta luodaan investointipäätös [4].

Esimerkiksi korjausrakentamissa suunnittelija voi tehdä kohteessa tarkastelukierroksen, jonka perusteella hän voi arvioida, mitä olemassa olevaa tekniikkaa voidaan hyödyntää ja mitä pitäisi tehdä uusien tarpeiden toteuttamiseksi.

Hankesuunnitelmassa voidaan tehdä tarveselvityksen tavoin myös arvioita kustannuksista, kuten sähköpisteistä ja niiden kustannuksista. Tämä on ikään kuin määräluettelo, mutta yleensä laskenta tapahtuu neliömääräisesti tai huonekohtaisesti, johon on yhteisesti sovittu suurinpiirteinen määrä. [4]

### 2.3 Ehdotus- ja yleissuunnittelu

Ehdotussuunnitteluun siirrytään hankepäätöksen pohjalta, joka tehdään hankesuunnittelun päätökseksi. Ehdotussuunnittelussa tuotetaan teknisiä ratkaisuja pääosin arkkitehtien ehdotusten perusteella kustannustavoitteiden rajoissa. Lisäksi selvitetään esimerkiksi liittymävaihtoehtot ja toistuvien tiloihin voidaan tehdä tyyppitiloihin valaistusehdotuksia. Riippuen tilaajan määrittelystä harvoin kuitenkin useampia suunnitelmia tehdään visuaalisesti kerralla, vaan luodaan aiempien vaiheiden perusteella eri järjestelmien toteutukset siihen pisteeseen, että voidaan määrittää kustannukset ja saadaan selkeä ymmärrys kohteen sisällöstä. Kohteeseen liittyvät kokoukset ovat hyvin olennaisia tässä vaiheessa, jotta ollaan perillä toteuttamismahdollisuuksista ja pystytään ohjaamaan toteutusta oikeaan suuntaan. [5]

Yleissuunnitteluun on melko liukuva siirtymä oman kokemuksen osalta, jossa käytännössä jalostetaan ehdotussuunnitelman pohjalta tarkemmaksi suunnitelmaksi. Toisin sanoen laaditaan ehdotussuunnitelmista kehitetyt yleisdokumentit sovitussa laajuudessa. Dokumentointiin voivat sisältä muun muassa ST-kortin 13.28 mukaan tekstimuotoiset järjestelmäkuvaukset, asemapiirros ja selvitys liittymistä, tasopiirustukset mallihuoneella ja/tai tyyppitilapistesijoituksillaan, pääjohtoreitit, jakelukaaviot, järjestelmäkaaviot ja alustavat laiteluettelot. [5]

Yleissuunnitteluvaiheessa on hyvä mahdollisuus tehdä määräluettelo pisteistä kustannuslaskentaa varten, ja sen avulla saa myös selkeän käsityksen hankkeen määristä ja kustannusarvion todenmukaisuudesta.

Kohteen valaistusta arvioitaessa sähkösuunnittelijan työhön sisältyy usein mallitilojen valaistustasojen simulointi.

Tietomallinnuksen osalta ensimmäisiä tehtäviä on selvittää, mikä on projektin koordinaatisto piirtäessä. Yleensä arkkitehti määrittää koordinaatiston ja korkeusaseman. Sovitaan origon määrittely ja mahdollisesti tehdään jokaiselta alalta tietomallien koordinaatiotesti. Koordinaatiotestissä arkkitehti tai tietomallikoordinaattori toimittaa ohjeistukset piirtämistavasta ja mahdollisesti talon IFC-mallista, minkä jälkeen jokaisen alan edustaja tekee IFC-mallin piirustukseen ja toimittaa sen malleista vastaavalle henkilölle. Tässä pystytään tarkastamaan ennen isompia suunnitelmia, että kaikki työskentelevät samoissa asetuksissa eikä räikeitä virheitä tule mallien yhteensovittamisessa.

Edellisen vaiheen jälkeen, kun ehdotussuunnittelu on edennyt, tehdään tietyin väliajoin tietomallipohjaiset ristiin tarkastelut ja mallien laadunvarmistus tietomallikoordinaattorin johdolla. Tässä varmistetaan, että suunnitelmat eivät mene päällekkäin alojen välillä ja se, kuinka tiloja voidaan käyttää hyödyksi eli kuinka paljon tavaraa mahtuu samaan tilaan ja kuka väistää ketäkin.

Yleissuunnittelun osalta vaiheet voivat olla hyvinkin samoja kuin ehdotussuunnittelussa tai sen vaiheet voivat alkaa vasta yleissuunnittelusta. Usein tässä vaiheessa tehdään tyyppitiloja ja tehdään talotekniset pääreitit ja niiden tilavaraukset [2].

## 2.4 Toteutussuunnittelu

Hyväksytyt yleissuunnitelmat käyvät vielä rakennuslupaprosessin, jonka tuloksena saadaan rakennuslupa. Toteutussuunnittelussa laaditaan hankintaa ja toteutusta palvelevat suunnitelmat. Käytännössä tarkoituksena on saada yksityiskohtaiset suunnitelmat, jotta hankkeen toteutus ja hankinta vastaisivat taloudellisia ja toiminnallisia tavoitteita. Näitä suunnitelmia käytetään viimeistään urakkalaskentaa varten. [5]

Sähkösuunnittelijan toimesta suunnittelija täydentää tasopiirustukset eli johdottaa ne ryhmityksineen ja laatii niiden mukaiset keskusten pääkaviot ja piirikaaviot. Sama koskee myös muita järjestelmiä, joita tasopiirustuksessa esitetään. Tasopiirustusten ja järjestelmäkaavioiden lisäksi hyvin oleellinen asiakirja on työselostus, joka kertoo kirjallisesti järjestelmien toteutuksen ja mahdollisesti niitä asioita, joita ei suunnitelmissa ole voitu esittää. Työselostuksessa käydään läpi kohteen järjestelmät ja niihin liittyviä ohjeistuksia ja asioita, jotka on syytä ottaa huomioon asennuksessa.

Toteutussuunnittelussa viimeistään olisi erittäin hyödyllistä käyttää määräluetteloita, sillä kun urakkaa kilpailutetaan, nämä asiakirjat voidaan sisällyttää tarjoukseen ja urakoitsijat voivat hinnoitella tämän avulla nopeammin. Samalla kun määriä on voinut saada suunnitelmien edetessä tässä vaiheessa, kun johdotetaan, on myös mahdollisuus saada kaapelointien osalta määrät. Valaisinluettelot ja tietyt kojeluettelot esimerkiksi lämmityslaitteista, ovat perinteisesti sisältyneet sähkösuunnittelijan työhön.

Tietomallimaisessa projektissa toteutussuunnittelun osalta tehtäviä ovat usein järjestelmämallien luomista urakkalaskentaa varten ja toteutusta palvelevien suunnitelmien vieminen IFC-muotoon. Viimeisiä törmäystarkasteluja tehdään ja varmistutaan, että suunnitelmat ja mallit ovat siinä kunnossa, että voidaan siirtyä rakennuslupavaiheeseen. Lisäksi tehtäviin kuuluu tietomallipohjaisten reikävarausten suunnittelu. [2]

## 2.5 Lisä- ja muutostyöt

Vaikka lisä- ja muutostyöt eivät kuulu talotekniseen tehtäväluetteloon, ne ovat hyvin yleinen toimenpide hankkeessa. Kustannustavoitteiden muuttuminen tai rakenteelliset muutokset voivat aiheuttaa näitä. Lisätyö on ylimääräinen työsuoritus esimerkiksi tilaajan halukkuudesta lisätä kohteeseen jotain muuta, mitä ei ole huomioitu sopimuksissa. Urakoitsija teettää lisätyön suunnitelmien mukaan, minkä suunnittelija tekee sovitussa laajuudessa.

Muutostyöt tarkoittavat suunnitelmien muuttuessa johtuvaa työsuoritusta, jonka urakoitsija toteuttaa. Muutostyöt ovat hyvin yleisiä, ja niihin usein vaikuttaa kustannusten ylittyminen arvioidusta laskelmasta. Tällöin voidaan jättää suunnitelmasta jotain tekniikkaa pois, mikä muuttaa suunnitelmia aina hieman. Myös käyttötavan muutos voi vaikuttaa

sopimuksen mukaisten suunnitelmien muutokseen, jolloin tilaaja haluaa vielä vaikuttaa lopputulemaan.

Lisä- ja muutostyöt vaikuttavat luonnollisesti tarvikkeiden määrään ja kustannuslaskentaan. Tämä voi sekottaa määrien laskennassa, ja varsinkin tietomallikohteissa työt sekoittavat pakkaa. Määrälaskennan osalta valmiit luettelot tasossa, joita voi päivittää hankkeen edetessä, tuovat varmuutta ja informatiivista tietoa muuttuneista töistä. [6]

## 2.6 Rakentaminen ja käyttöönotto

Rakennuslupatehtävien ja urakkakilpailujen jälkeen rakentaminen toteutetaan suunnitelmien mukaisesti. Aiemmin tässä työssä mainitut lisä- ja muutostyöt voivat aiheuttaa suunnittelijalle töitä vielä tässä vaiheessa, mutta yleisesti seuraava ja viimeinen vaihe suunnittelijalla on käyttöönottovaiheessa.

Rakentamisessa tehtävät ei aina voi edetä täysin suunnitelmien mukaan, joten urakoitsija piirtää muutokset paperisiin suunnitelmiin, jotka täytyy lopulta piirtää puhtaaksi luovutuspiirustuksia varten. Riippuen kohteesta ja urakoitsijasta voi urakoitsija teettää itse luovutuspiirustukset, mutta usein myös tehtävä tilataan erikseen suunnittelijatoimistolta. Tämä onkin järkevää, koska suunnitelmien tehnyt suunnittelija voi melko vaivattomasti tehdä muutokset suunnitteluohjelmallaan. Luovutuspiirustuksissa muokataan piirustukset siihen kuntoon, että ne vastaavat täysin todellisuutta. Suunnittelutyöhön voidaan sisällyttää myös huoltokirja-aineistoa. Tyypillinen sähkösuunnittelijan tekemä huoltokirjadokumentti on vaikutusaluepiirustus, johon merkitään esim. järjestelmän keskukset vaikutusalueineen tai keskitetysti ohjattavat valaistuksen alueet.

Tietomallihankkeessa tämä on vielä tärkeämpi, sillä pyritään alusta lähtien pitkään elinkaariajatteluun, joten tietomalli täytyy saada todellisuutta vastaavaan kuntoon, jotta siitä saataisiin luotettavat elinkaarilaskelmat.

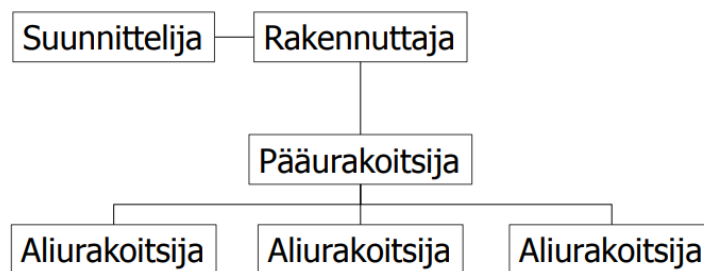
### 3 Urakkamuodot ja niiden vaikutus suunnitteluun

Urakkamuoto vaikuttaa suunnittelijan aikatauluun ja asiakirjojen valmiuteen hankkeessa. Suunnittelijan rooli, suunnitelmien sisältö ja kiireellisyys riippuu paljolti näistä asioista, joten tietämys asiasta on suotavaa. Aihetta käydään läpi määrälaskentaa ajatellen, sillä tietyissä urakoissa suunnittelijan luoma aktiivinen määräluettelo vähentäisi kustannuksia.

#### 3.1 Pääurakkamuodot

Pääurakkamuodoissa tilaajan vastuulla on vastata hankkeen suunnittelusta ja sen sisällöstä. Suunnittelijat tekevät sopimussuhteen koko hankkeen tilaajan kanssa ja ovat heille suoraan vastuussa. **Kokonaisurakka** on perinteisin urakkamuoto, jossa tilaaja tekee suunnittelijoiden kanssa sopimuksen ja myös yhden pääurakoitsijan kanssa. Pääurakoitsija voi tarpeen tullen hankkia aliurakoitsijoita, mutta he toimivat keskenään eli tekevät keskenään sopimuksen (kuva 1). Päävastuu kohteen rakentamisesta on pääurakoitsijalla ja suunnittelu pääsuunnittelijalla. [4]

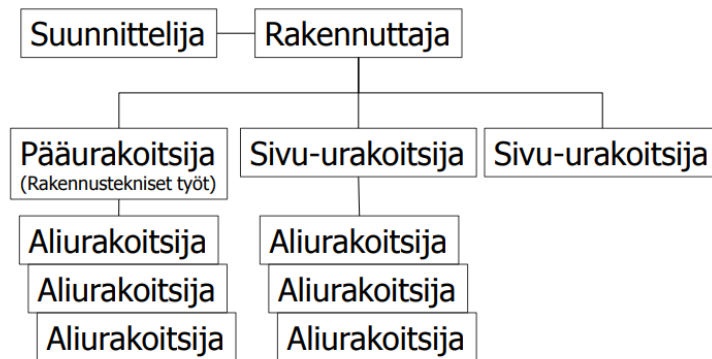
#### Kokonaisurakka (sopimussuhteet)



Kuva 1. Kokonaisurakan sopimussuhteet [7]

**Jaetussa urakassa** suunnittelijoiden osalta tilanne ei muutu, mutta urakoitsijoiden puolesta tilaaja tekee pääurakoitsijan lisäksi myös eri alojen sivu-urakoitsijoiden kanssa sopimukset, joita hän koordinoi. Tämä tuo lisää velvollisuuksia rakennuttajalle (kuva 2). Pääurakoitsija voi tehdä sivu-urakoitsijoiden kanssa erikseen alistussopimuksen, jolloin pääurakoitsija vastaa hankkeen rakennuttamisesta, mutta tilaaja vastaa maksuista. [7]

## Jaettu urakka (sopimussuhteet)



Kuva 2. Jaetun urakan sopimussuhteet [7]

**Aliurakassa** pää- tai sivu-urakoitsija teettää töitään toisella urakoitsijoilla, joissa aliurakoitsijat ovat sopimussuhteessa kyseiseen urakoitsijaan. Tällaista ratkaisua käytetään mm. sähkö- tai putkitöissä tai vaikkapa maalauksessa. [7]

### 3.2 Osaurakkamuodot

Osaurakkamuodoissa työ jaotellaan niin, että saadaan pienempiä kokonaisuuksia, minkä ansiosta voidaan paremmin limittää suunnittelua ja toteuttamista. Tällä tavalla pyritään parempiin kustannussäästöihin, kun voidaan lyhentää hankkeen aikataulua.

**Projektinjohtorakennuttamisessa (PJ-palvelu)** hanke toteutetaan tilaajan toimesta projektinjohdolla, joka on yleensä hankintana tilattu konsultointi. Projektinjohtourakoitsija toteuttaa ammattitaidollaan yhteistyössä tilaajan kanssa ja hoitaa pääurakoitsijan työt toteuttaen hankkeen. Hankinnat kilpailutetaan suunnitelmien edetessä eli tässäkin edetään usein limittäin.

**Projektinjohtopalvelussa (PJ-palvelu)** projektinjohtourakoitsijan eli konsultin rooli on laajempi. Projektinjohtourakoitsija hoitaa työmaalla pääurakoitsijan roolia koordinoiden rakentamista perinteisen projektinjohton lisäksi. Hankinnat tehdään tilaajan nimiin.

**Projektinjohtourakoinnissa (PJ-urakointi)** projektinjohtourakoitsija hoitaa projektinjohton ja työmaan johtotehtävien lisäksi rakennustyöt. Tämä eroaa aiemmista pj-

palveluista myös siten, että sopimussuhteet ovat projektinjohtourakoitsijan ja aliurakoitsijoiden välisiä, eli vastuu muuttuu, vaikka lopulta tilaajalla on päätösvalta.

**SR-urakassa (suunnittele ja rakenna)** tilaaja tekee sopimuksen urakoitsijan tai tarjousryhmän kanssa, joka toteuttaa koko projektin. Yhdellä urakoitsijalla on siis sopimussuhteet suunnittelijoiden ja aliurakoitsijoiden kanssa. [8]

### 3.3 Urakkamuodot maksuperusteen mukaan

**Kokonaishintaurakassa** urakkaan on sovittu kiinteä hinta, jolla urakoitsija toteuttaa kohteen työsuoritukset ja hankinnat tarjouspyyntöasiakirjojen mukaan. Näiden perusteella työn edistymisen mukaan maksetaan suorituksesta vaiheittain. Kokonaishintaurakka on yleisesti käytetty, koska siitä saadaan selkeä käsitys hankkeen investoinnin kustannuksista ja suuruudesta.

**Yksikköhintaurakassa** työ jaotellaan paloittain, jossa rakennuttaja antaa määräykset työhön, jolle urakoitsija tarjoaa kiinteät hinnat. Hinta muodostuu lopulta suoritettujen yksiköiden määrän ja yksikköhinnan perusteella. Tässä urakassa ei kokonaishinta ole tarkkaan tiedossa, joten asiaan liittyy hienoinen riski.

**Laskutyöurakassa** työsuorituksen kustannukset määräytyvät sitä mukaa, kuin ne syntyvät. Kuten yksikköhintaurakassa, ei tässäkään kokonaiskustannuksia tarkkaan tiedetä, joten riski on rakennuttajan puolella. Urakoitsija käytännössä pelaa tuloksensa puolesta työn kustannuksista aiheutuvilla katteella.

**Tavoitehintaurakassa** nimensä mukaisesti asetetaan tavoitehinta hankkeelle ja mahdollista ylittymistä varten kattohinta. Tavoitteen alittuessa urakoitsijan palkka lisääntyy ja ylittyessä palkka pienentyy. [4]

## 4 Tietomalli

### 4.1 Yleistä

Tietomalli on digitaalinen kokonaisuus, todellisuutta mallintava malli, joka yhdistää rakennuksen tekniikat visuaalisesti. Tietomallintamisella pyritään luomaan rakennuksen kolmiulotteinen malli, joka sisältää visuaalisuuden lisäksi dataa rakennuksen eri komponenteista, jota voidaan hallinnoida koko rakennuksen elinkaaren ajan. [9]

Tietomallinnus ennen kaikkea auttaa havainnollistamaan suunnitteluratkaisuja ihan uudella tavalla, mitä voidaan hyödyntää käyttäjän ja suunnittelijoiden lisäksi myös työmaalla. Tämä vaikuttaa yhteensovittamisen lisäksi laatuun merkittävästi. Toisaalta tietomallinnus ikään kuin pakottaa kaikki alat toimimaan tiiviisti yhteen, mikä voi aikataulun ja kommunikaation puolesta tuottaa ongelmia, mutta huolellisesti tehtynä tulos puhuu puolestaan. Tietomalli on myös kansainvälisillä markkinoilla laajasti käytetty tapa infrastruktuurissa.

### 4.2 Standardit ja ohjeistukset

Tietomallinnuksen yleistyttyä ja varsinaisten määräysten puutteessa on kehitetty ja julkaistu ”Yleiset tietomallivaatimukset 2012”, joka on tehty ohjaamaan mallintamisen kulkua rakennushankkeessa ja helpottamaan mallinnuksen laajuuden määrittelyä aina vähimmäisvaatimuksista lähtien. [10]

IFC-standardi (Industry Foundation Classes) on yleisessä käytössä oleva tiedoston muoto tai alusta, jolla voidaan jakaa eri ohjelmistojen välillä tietomallisia tietoja. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että sähkösuunnittelija vie suunnitelmansa johonkin tietomalleja esittävään ohjelmistoon, joka tukee kyseistä standardia, mihin taas esimerkiksi arkkitehti voi tuoda omansa samalla periaatteella. Kun kaikilla on yhteinen alusta ohjelmistosta riippuen, voidaan eri alojen suunnitelmat yhdistää. [11]

Tietomallintaminen tuo lisää huomioitavia asioita hankkeeseen. Työmäärä lisääntyy jo alkuvaiheessa, jossa täytyy määritellä mm. laajuus, vaatimukset, aikataululliset ja tietotekniset edellytykset, vastuut ja sopimustekniset asiat. Tietomallinnus etenee ajallisesti yhdessä hankkeen muun TATE-suunnittelun vaiheiden mukana tarveselvityksestä



lähtien. Näiden edellytyksien lisäksi projektiin valitaan tietomallikoordinaattori. Tämän tehtävä on huolehtia alustavan tietomallinnussuunnitelman laadinnasta ja eri suunnittelualojen tietomallinnustehtävien koordinoinnista. Usein myös tehtävänä on yhdistää alojen mallit ja huolehtia tietomallikokousten suunnittelusta. Tietomallikoordinaattoriksi voidaan nimetä pääsuunnittelija tai jokin riittävän pätevä ja osaava henkilö kyseiseen tehtävään. [10]

## 5 Määrälaskenta

Määräluettelo – tai myös massaluetteloksi kutsuttu – on nimensä mukaisesti taulukko, johon on lueteltu piirustuksesta luettavia määriä. Näitä ovat kaikki piirustuksessa ilmenevät asennuskalusteet ja laitteet.

Kun määräluetteloista puhutaan sähkösuunnittelijan näkökulmasta, kyseeseen tulevat yleensä pisteluettelo, laiteluettelo ja valaisinluettelo. Varsinkin valaisinluettelo on tärkeä asiakirja projektin aikana, sillä kustannukset voivat nousta merkittäviin määriin – varsinkin kun puhutaan suuremman kokoluokan kohteista. Näissä myös ajallinen panostus ja riskien virhe on huomattavan pienempi kuin käsin laskettavalla.

### 5.1 Nykytila ja haasteet

Kun tarkastellaan määrälaskennan nykytilaa, oli kyse sitten käsin lasketusta tai sähköisesti lasketusta, toteutus tapahtuu pääsääntöisesti urakoitsijan toimesta. Määrälaskenta on tärkeä osa tarjouslaskentaa, sillä työ kustannusten lisäksi täytyy urakoitsijan luonnollisesti arvioida myös materiaalikustannukset, joiden pohjalta voidaan hinnoitella urakka laskentaohjelmien kanssa. [12]

Määrälaskennan suorittamiseen löytyy erilaisia tapoja. Kokenut urakoitsija voi esimerkiksi suorittaa laskennan kertolaskulla, jossa vertaillaan aiempia kohteita ja lasketaan kustannukset neliömääräisesti euroa kohden. Tällaista tapaa olen henkilökohtaisesti nähnyt suunnittelijan toimesta projektin aikaisessa vaiheessa, jossa vasta arvioidaan kustannuksia. Vaihtoehtoisia tapoja voidaan pitää tarkempina eli lasketaan järjestelmitäin massat asiakirjoista.

Keskustelua siitä, pitäisikö suunnittelijan toimittaa määräluettelot urakoitsijalle, on ollut kauan monien tahojen puitavana. Asiasta on tehty myös suosituksia (NSS-RAKLI-STUL ST 13.80), mutta kysymykset vastuista ja kustannuksista ovat vielä epäselviä, eikä varsinaiseen yhteiseen lopputulemaan ole päästy.

Kymdata Oy:n tilaamassa ja TNS Gallupin toteuttamassa gallupissa haastateltiin 240:tä eri suomalaista suunnittelutoimistoa. Tutkimuksessa todettiin, että vain 5 % toimistoista toimittaa määräluettelot sähköurakoitsijoille ja 43 % joissakin projekteissa. Syitä tähän on varmasti monia, mutta kun pohtii, kenen vastuilla luetteloiden sisällyttäminen tarjoukseen on, kyseessä on tilaaja. Aloite pitäisi lähteä siis tilaajalta, joka pitäisi huomioida tarjouksen määrittelyssä. Haasteena on se, onko tilaaja/rakennuttaja valmis maksamaan suunnittelusta yhtään sen enempää, jos tälläkin hetkellä saadaan joka tapauksessa tarjouksia urakoista. Tutkimuksen mukaan todettiin myös, että 54 % vastanneilta ei ole pyydetty määrälaskentatietoja lainkaan ja 74 % vastaajista uskoo, että määrälaskennan yleistymisen on kiinni rakennuttajista. [13]

## 5.2 Määräluettelot

Kuten aiemmin tässä työssä mainittiin, määräluetteloiden laajuus määräytyy tilaajan määrittelyn mukaan, joten luetteloiden laajuus ja hyödynnettävyys lähtee käytännössä tilaajalta. Usein käytetään valaisin-, lämmitin- ym. laiteluetteloita, vaikka mahdollisuuksia muuhun olisi.

Yleisimmin halutaan kuitenkin ensisijaisesti valaisinluettelo. Suunnittelija tai joku muu taho tyypittää halutut valaisimet, minkä jälkeen suunnittelija luo tasokuvien avulla valaisinluettelon. Tässä näkyy muun muassa valaisimen positio, jolla voi paikantaa piirustuksesta oikean valaisimen, valaisimen tyyppi ja malli, asennustapa, häikäisysoja, sekä määrän lisäksi myös mahdollisesti sähkönumero. Esitystapa ja tiedot valaisinluettelossa voi vaihdella eri suunnittelutoimistoilla. Valaisinluettelo on tärkeä asiakirja, sillä sen mukaan tehdään hankinnat ja väärät tiedot voivat koitua kalliiksi.

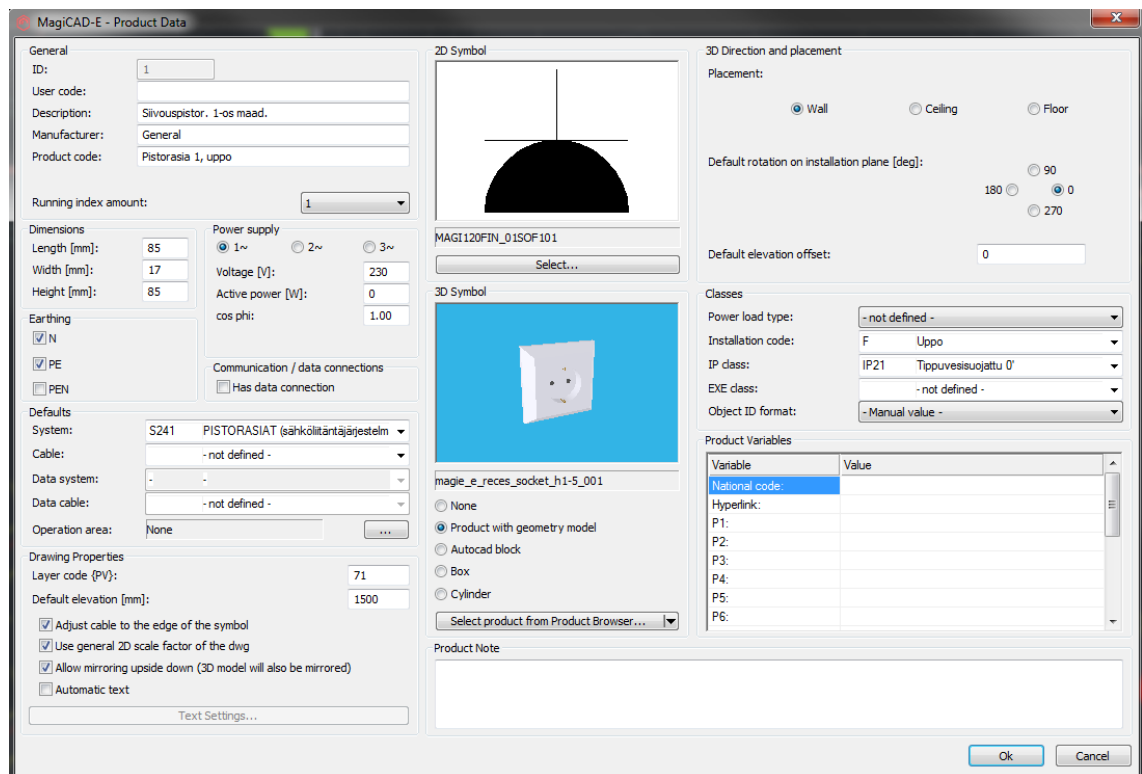
Pisteluettelo on toinen yleisesti käytetty asiakirja, jolla voidaan määrittää järjestelmäkohteisesti tasojen asennuskalusteet, kuten pistorasiat tai telerasiat. Pisteluettelon potentiaalia ei hyödynnetä läheskään niin paljon kuin sitä voisi. Urakkalaskentavaiheessa

tämän tekee yleensä urakoitsija itse, vaikka sähkösuunnittelija saisi tehtyä tämän hyvin pienellä vaivalla.

Pisteluettelo saadaan vaivattomasti luotua sähköisesti, ja sen tarkkuus on hyvin tarkka olettaen, ettei piirtovaiheessa ole tehty virheitä. Pisteluetteloa voidaan hyödyntää jo hyvin aikaisessa vaiheessa projektia. Esimerkiksi hanke-/ehdotussuunnittelua tehtäessä, kun arvioidaan kustannuksia, voidaan helposti laskea tiettyjen pisteiden määrää, kun on sijoitettu sovitun verran pisteitä eri tiloihin. Näin pisteluetteloa voidaan päivittää projektin edetessä aina urakkalaskentaan asti.

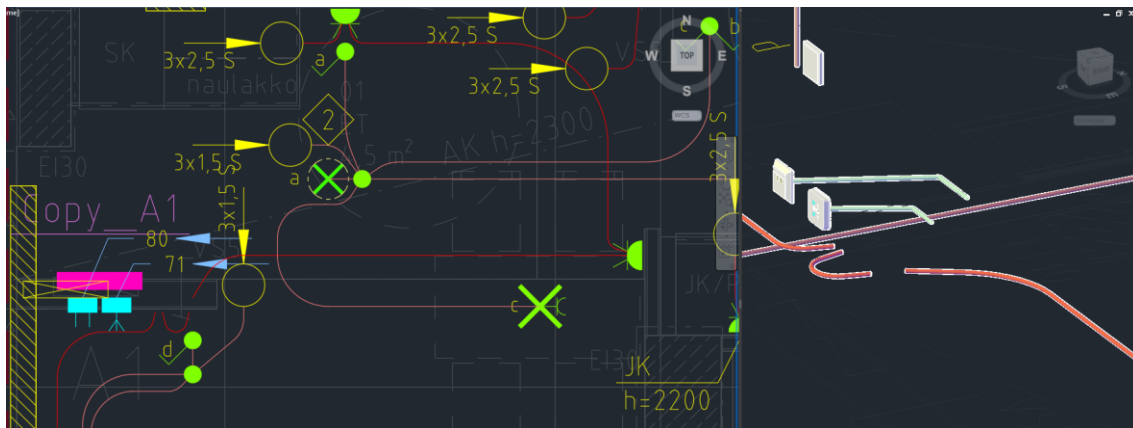
## 6 Tietomallipohjainen suunnittelu MagiCADilla

Tietomallipohjainen suunnittelu vaatii enemmän tarkkuutta kuin perinteinen piirtäminen, sillä joudutaan piirtämään kolmiulotteisesti, mikä tarkoittaa sitä, että korkotiedot ovat erittäin oleellisessa asemassa. Suunnittelu vie enemmän aikaa, mutta samalla havainnollistavampi toteutustapa pakottaa myös suunnittelijan ajattelemaan enemmän käytännönläheisesti, kuinka todellisuudessa suunnitelmat toteutetaan.



Kuva 3. Ote symbolin määrittelystä

Suunnittelu alkaa mallien määrittelyllä. Objektille haetaan 2D-symbolille vastaava 3D-symboli MagiCADin mallikirjastosta, josta löytyy eri valmistajien 3D-vastaavuudet. Objektille voidaan asettaa vielä erikseen muita attribuutteja (kuva 3), jotta siihen tulisi enemmän tietosisältöä, mikä onkin oleellista tietomallintamisessa.

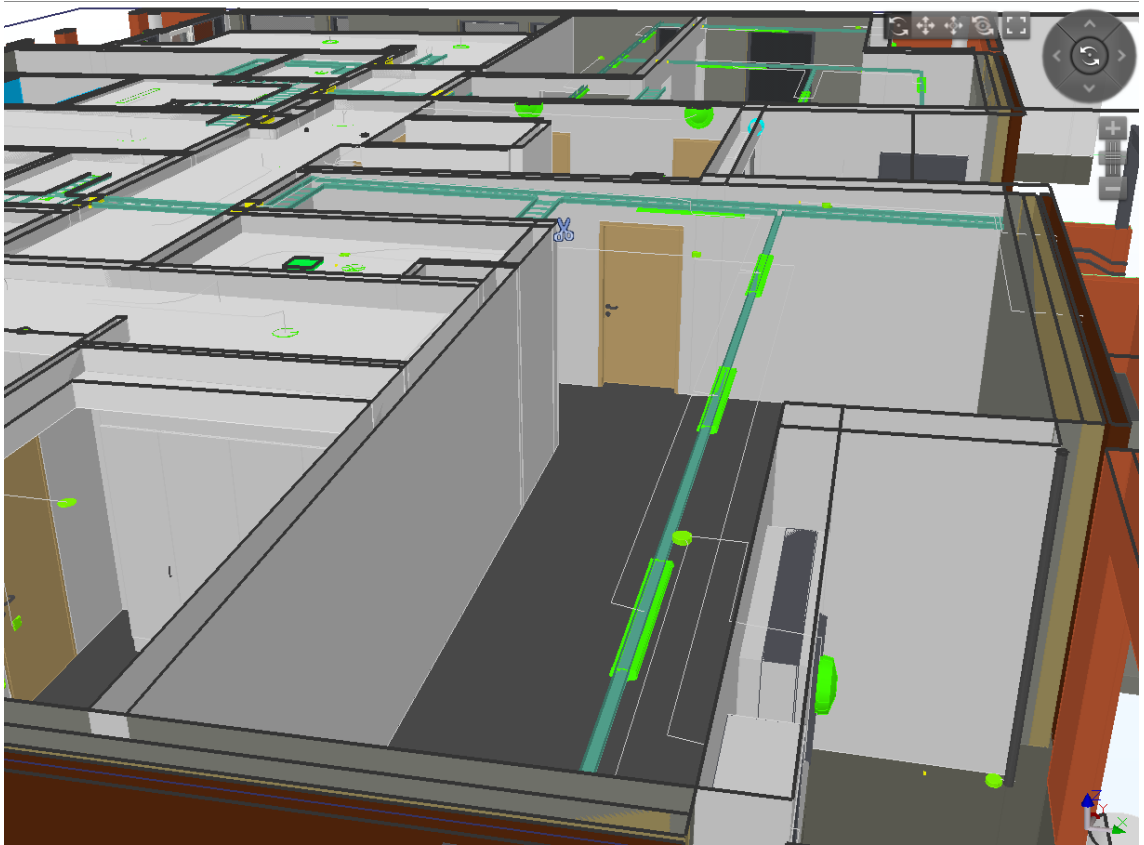


Kuva 4. Ote jaetusta näytöstä

Sijoittelussa on syytä varmistaa, että korkotieto on oikein. MagiCADilla pystyy jakamaan ruudun osiin, niin että voi tarkastella toista näkymää yläpuolelta 2D-näkymässä ja toiselta ruudulta voi tarkastella 3D-näkymässä (kuva 4). Näin varmistuu, ettei räikeitä suunnitteluvirheitä tule ja IFC-malliin viedessä kalusteet ovat niin kuin todellisuudessa.

Lisäksi tärkeää on muistaa pisteiden sijoittelussa 3D-mallin sijoitus sen jälkeen, kun on laittanut pisteen paikalleen. Normaalisti 3D-malli seuraa pistettä, mutta ominaisuusvalikosta voidaan valita erillinen sijoittelu 3D-mallille, joten ensimmäisen 2D-symbolin asetteluun jälkeen viedään 3D-malli oikealle paikalle, esimerkiksi pistorasia suoraan seinään kiinni, kun pelkkä objekti piirretään hyvän piirtämistavan lailla hiukan irti seinästä.

Kaapelihyllyjen ja johtokourujen sijoittelussa ei erillistä sijoitusta 3D-objektille tarvitse huolehtia, mutta sama korkomäärittely pätee myös tähän (kuva 5). On tärkeää laittaa hylly tai kouru oikeaan korkoon, koska realismuksen lisäksi myös myöhempää määrlaskentaa varten väärään korkoon sijoitetut objektit tuovat merkittäviä virheitä. Varsinkin tietomallinnuksessa, jossa on mukana useita tekniikan aloja, on hyvä tehdä yhteistyötä muiden kanssa, mikä yleensä tapahtuukin törmäystarkastelun ansiosta. Projektin aikana tulee tietomallikokouksia, joissa muun muassa näitä asioita käsitellään.



Kuva 5. Ote IFC-mallista

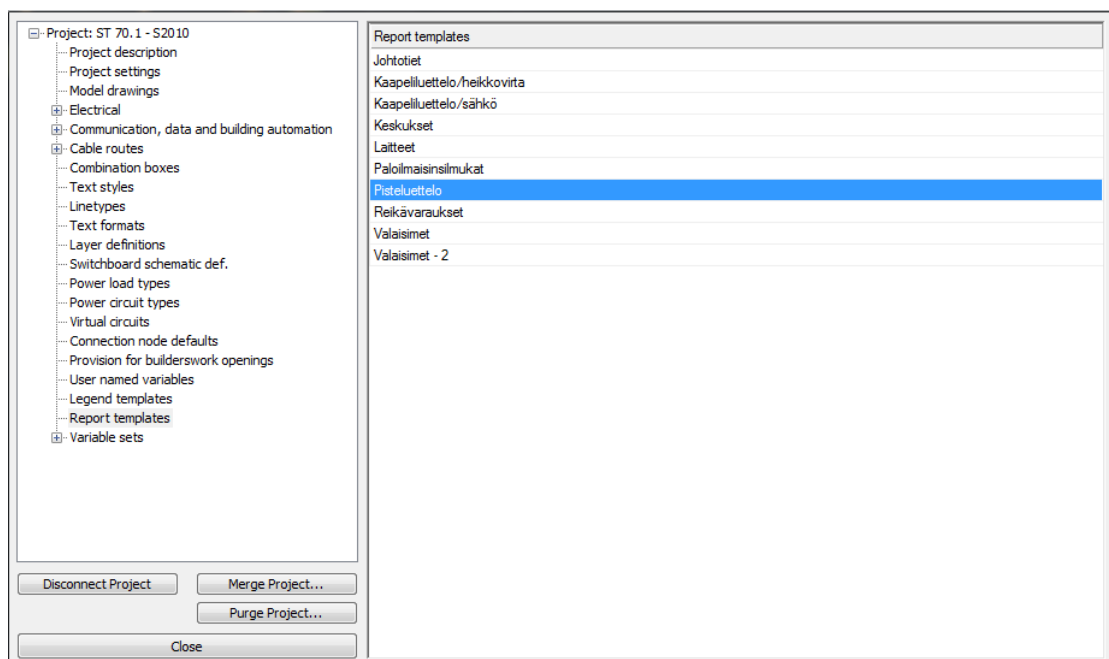
Kaapeloinnin osalta 3D-piirtäminen ei normaalisti ole niin kriittinen mallinnuksen osalta, kun muistaa noudattaa hyvän piirtämisen tapoja. Jos taas suunnittelua tehdään määrälaskentaa silmällä pitäen, voi joutua piirtämään tarkasti oikealla korolla, riippuen käyttäkö myöhemmin käsiteltävää kaapelipakettia. Kaapelipaketteja voi hyvinkin mallintaa, jos kyseessä on esimerkiksi pääjohtoreitit. Kaapelipaketeilla voidaan määrittää johtoreitti pisteestä A ja siitä keskukseen. Tähän kaapelipakettiin voidaan yhdistää eri lähtöjä, jonka avulla saadaan kaapelin pituudet. Tämä soveltuu myös keskusten väliseen kaapelointiin, jota voidaan hyödyntää myös nousujohtokaaviossa.

## 7 Sähköinen määrälaskenta MagiCADilla

### 7.1 Pisteluettelo

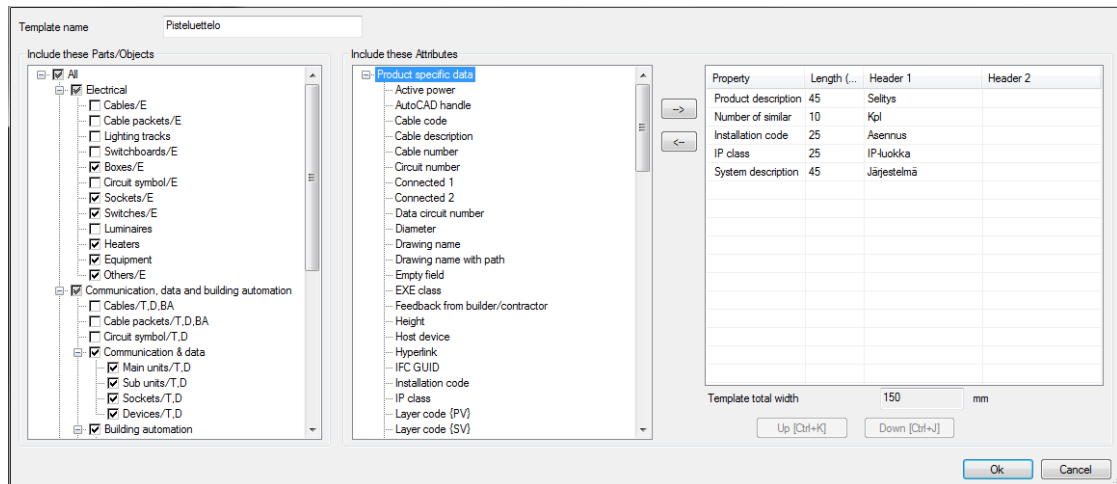
Pisteluettelon luominen MagiCADilla on hyvin yksikertaista, minkä takia vähintäänkin pisteluettelon pitäisi sisällyttää tarjouslaskennan avuksi. Tapoja on käytännössä kaksi: Report- ja Legends-toiminnot.

Ensimmäisenä otetaan tarkasteluun Report-toiminto, joka on käytännöllisempi, kun halutaan viedä luettelo Excelliin muokattavaksi. Toiminnolle täytyy ensimmäisenä määrittää parametrit, mikä kuitenkin tarvitsee tehdä vain kerran.



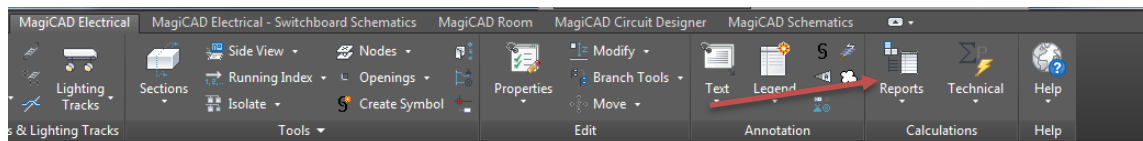
Kuva 6. Ote Magicad Electrical -ohjelmiston projektin hallinta -välilehdeltä.

Magicad Electrical välilehdeltä project-osiossa voidaan määrittää lähes mitä tahansa projektiin liittyvää (kuva 6). Report templates -osiossa voidaan luoda uusi luettelo, tai kuten tässä tapauksessa, muokata olemassa olevia (kuva 7).



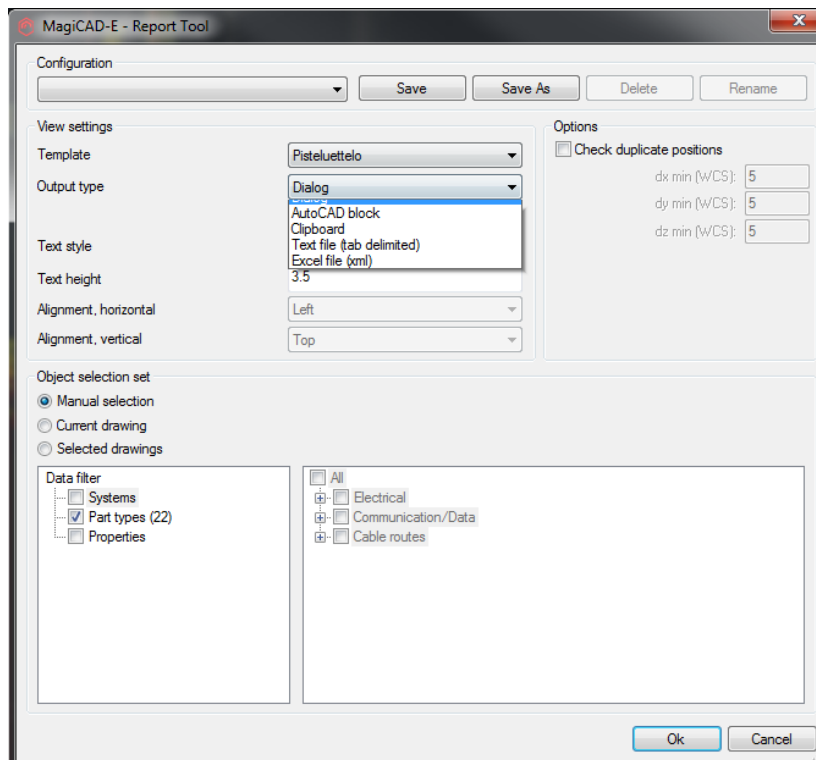
Kuva 7. Ote raportin määrittelystä

Vasemmassa laatikossa valitaan, mitä järjestelmiä halutaan mukaan ja tarpeen mukaan voidaan määritellä yksityiskohtaisesti objektit. Keskimmäisessä laatikossa valitaan attributit luettelolle, jotka ilmestyvät oikealle laatikolla esikatseluun. Näin on määritelty luettelon rakenne ja voidaan luoda raportti.



Kuva 8. Ote MagiCAD Electrical -välilehdestä.

Kun halutaan luoda pisteluettelo raportista, mennään Reports -valikkoon ja valitaan kohta "report" (kuva 8), josta saadaan seuraavanlainen näkymä:



Kuva 9. Ote raportin määrittelystä

Template-valikosta valitaan ennalta määritelty raportti (kuva 9). Output type -valikosta voidaan valita haluttu esitystapa. Vaihtoehtoina on:

- dialog (yksinkertainen raportti)
- block (tuodaan tasoon)
- clipboard (leikepöydälle)
- text file (tekstitiedosto)
- excel-tiedosto.

Data filter -osiossa voidaan määritellä vielä erikseen järjestelmät, mutta koska kaikki on jo valmiiksi määritelty, niin nämä voivat pysyä sellaisenaan. Lopputulokseksi



saadaan taulukkomainen luettelo (kuva 10). Luetteloa pystyy ohjelmassa tyyllittämään vielä erikseen, mutta on toimistokohtaista, minkälainen ulkoasu halutaan.

Selitys	Kpl	Asennus	IP-luokka	Järjestelmä	Huomioitavaa
3~pistorasia, Upo	5		IP21	PISTORASIAT (sähköliitäntäjärjestelmät)	
Pistor. 1-os maad.	13		IP21	PISTORASIAT (sähköliitäntäjärjestelmät)	
Pistor. 2-os maad.	2		IP21	PISTORASIAT (sähköliitäntäjärjestelmät)	
Siivouspistor. 1-os maad.	8	F	IP21	PISTORASIAT (sähköliitäntäjärjestelmät)	
Kytkin 1-nap	7		IP21	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄ	
Turvakytkin 3~	2		IP54	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄ	
Vaihtokytkin (6)	4		IP21	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄ	
Jakorasia	2		IP44	PISTORASIAT (sähköliitäntäjärjestelmät)	
Jakorasia	1		IP44	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄ	
Jakorasia	5	F	IP21	LAITTEIDEN JA LAITTEISTOJEN SÄHKÖISTYS	
Liitäntärasia	5		IP20	LAITTEIDEN JA LAITTEISTOJEN SÄHKÖISTYS	
Telepistorasia 2-os.	1		IP21	YLEISKAPELOINTIJÄRJESTELMÄ	
Ioni-ilmaisin	7		IP20	PALOTURVALLISUUSJÄRJESTELMÄ	

Kuva 10. Ote tasoon tuodusta määräluettelosta

Valmista pisteluetteloa voidaan päivittää projektin edetessä tai sen muuttuessa. Luettelon visualisoimiseksi voidaan erikseen tuoda symbolit selityksille. On kuitenkin tärkeää olla huolellinen oikeiden objektien sijoittelussa. Tässä sähkösuunnittelijalta vaaditaan vastuuta ja huolellisuutta.














Pisteluettelo voidaan viedä tulostuksen laitaan ja näin saadaan laskentaa varten piirustuksen mukana luetettava raportti tason pisteistä. Joskus tulee kuitenkin myös tilanteita, joissa kuvan laitaan on sijoitettu muita tärkeitä tietoja eikä pisteluettelo mahdu, tällöin olisi mahdollisuus viedä ne omaksi excel-dokumentiksi. Pisteluettelon rakenne olisi hyvä olla kaikilla sama, sillä useilla suunnittelutoimistoilla rakenne on todennäköisesti eri. ST 13.80 ottaakin tähän kantaan ja on antanut esimerkin sen rakenteesta.

Kun pisteluettelon excel-tiedosto on tyyllitelty halutunlaiseksi, sinne tietojen upotus ei juurikaan poikkea yllä olevasta metodista. Loin ehdotuksen yritykselle pisteluettelosta, mikä voitaisiin liittää suunnitelmien mukana (kuva 11).

Maaskola		kohteen nimi rivi 1 kohteen osoite (katuosoite)			MÄÄRÄLUETTELO	Työn numero XXXXX	Asiakirjan no 0000
Selitys	Kpl	Asennus	IP-luokka	Järjestelmä	Huomioitavaa		
3~pistorasia, Uppo	5		IP21	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)			
Pistor. 1-os maad.	13		IP21	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)			
Pistor. 2-os maad.	2		IP21	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)			
Siivouspistor. 1-os	8	F	IP21	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)			
Kytkin 1-nap	7		IP21	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄ			
Turvakytkin 3~	2		IP54	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMA			
Vaihtokytkin (6)	4		IP21	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMA			
Jakorasia	2		IP44	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)			
Jakorasia	1		IP44	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMA			
Jakorasia	5	F	IP21	LAITTEIDEN JA LAITTEISTOJEN			
Liitännärasia	5		IP20	LAITTEIDEN JA LAITTEISTOJEN			
Telepistorasia 2-os.	1		IP21	YLEISKAAPPELOINTIJÄRJESTELMA			
Ioni-ilmais	7		IP20	PALOTURVALLISUUSJÄRJESTELMA			
3~pistorasia, Uppo	5		IP21	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)			
Pistor. 1-os maad.	13		IP21	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)			
Pistor. 2-os maad.	2		IP21	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)			
Siivouspistor. 1-os	8	F	IP21	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)			
Kytkin 1-nap	7		IP21	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMA			
Turvakytkin 3~	2		IP54	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMA			
Vaihtokytkin (6)	4		IP21	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMA			
Jakorasia	2		IP44	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)			
Jakorasia	1		IP44	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMA			
Jakorasia	5	F	IP21	LAITTEIDEN JA LAITTEISTOJEN			
Liitännärasia	5		IP20	LAITTEIDEN JA LAITTEISTOJEN			
Telepistorasia 2-os.	1		IP21	YLEISKAAPPELOINTIJÄRJESTELMA			
Ioni-ilmais	7		IP20	PALOTURVALLISUUSJÄRJESTELMA			

Kuva 11. Ote excel-tiedoston mallista

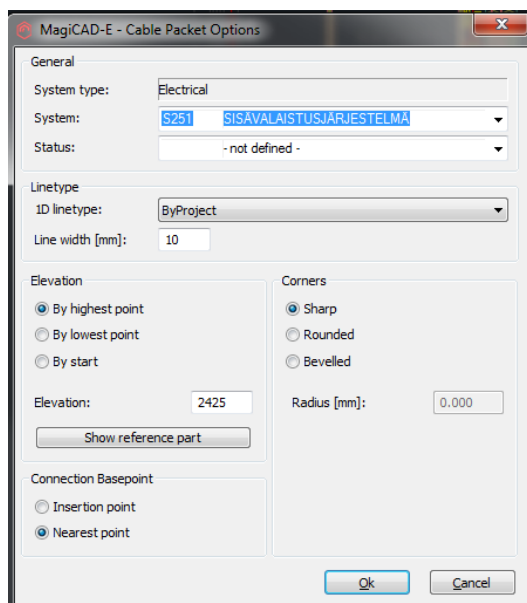
Legends-toiminnolla saadaan nopeammin tasoon visuaalisempi luettelo, sillä toiminto pystyy tuomaan myös 2D- ja 3D-symbolit luetteloon (kuva 12). Kääntöpuolena kuitenkin on se, ettei luetteloa voida viedä exceliin läheskään niin vaivattomasti. Tapa, jolla luettelo saataisiin toimitettua Excelliin ei osoittautunut käyttäjäystävälliseksi, joten sen vieminen jätettiin ohjeistuksesta ulkopuolelle. Legends-toiminnon määrittely ja luonti tapahtuu samalla periaatteella kuin Reports-toiminto, käytännön erona on vain 3D-symbolin lisääminen määrittelyvaiheessa, mitä ei kuitenkaan ole mahdollista toteuttaa raporttia luotaessa.

2D symbol	Selitys	kpl	Asennustapa	IP-luokka	Järjestelmä	Huomioitavaa
	3~pistorasia, Uppe	5		IP21	PISTORASIA (sähköliitäntäjärjestelmät)	
	Pistor. 1-os maad.	13		IP21	PISTORASIA (sähköliitäntäjärjestelmät)	
	Pistor. 2-os maad.	2		IP21	PISTORASIA (sähköliitäntäjärjestelmät)	
	Siivouspistor. 1-os maad.	8	F	IP21	PISTORASIA (sähköliitäntäjärjestelmät)	
	Kytkin 1-nap	7		IP21	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄ	
	Turvakytkin 3~	2		IP54	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄ	
	Vaihtokytkin (6)	4		IP21	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄ	
	Jakorasia	2		IP44	PISTORASIA (sähköliitäntäjärjestelmät)	
	Jakorasia	1		IP44	SISÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄ	
	Jakorasia	5	F	IP21	LAITTEIDEN JA LAITTEISTOJEN SÄHKÖISTYS	
	Liitäntärasia	5		IP20	LAITTEIDEN JA LAITTEISTOJEN SÄHKÖISTYS	
	Telepistorasia 2-os.	1		IP21	YLEISKAPELOINTIJÄRJESTELMÄ	
	Ioni-ilmaisin	7		IP20	PALOTURVALLISUUSJÄRJESTELMÄ	

Kuva 12. Ote tasoon tuodusta luettelosta

## 7.2 Kaapelien lisääminen määrälaskentaan

Kaapelien mittaamista ei ole missään ohjeissa vielä sisällytetty, mutta sillä on potentiaalia olemaan suuri apu tarjouslaskennan lisänä. MagiCADissa on mahdollista laskea ryhmien kaapelien pituudet aina keskukselle asti. Tähän tarvitaan ominaisuutta nimeltä Cable packets (kaapelipaketti). Kaapelipaketti on ominaisuus, johon voidaan sisällyttää kaapeleita halutessaan tai kuten tässä tapauksessa, määrittää johtoreitti. Esimerkissä on ravintolakohde, jossa kaapelihyllyt vievät kaapelit keskukselle asti. Kaapelipaketissa valitaan haluttu järjestelmä ja piirretään hyllyn mukaiset reitit, jolloin tämän jälkeen voidaan lähdöt yhdistää ja näin ohjelma pystyy laskemaan kytkentöjen välisten kaapeleiden lisäksi myös lähdön keskukselle asti. Tätä pystyy noudattaa myös nousukaapeloinnissa hyödyllisesti, sillä pituuksista ja ryhmien tietosisällöstä, kuten tehotiedoista, saataisiin nousujohtokaaviosta luotua älykkäämmän. Maaskolalla on luotuna pohja tällaiselle ratkaisulle, jota on käytetty projekteissa.



Kuva 13. Ote kaapelipaketin määrittelystä

Järjestelmän valinta vaikuttaa siihen, kuinka ryhmät voidaan linkittää. Voidaan valita omat järjestelmänsä ja piirtää kaapelipaketit omina järjestelminään, mutta tässä tapauksessa voidaan valita S2 (sähkön jakelu ja siihen liittyvät järjestelmät), johon sisältyvät kaikki sähköiset järjestelmät (kuva 13). Näin voidaan jokaisen järjestelmän ryhmät linkittää samaan pakettiin, joka menee keskukselle. Tämä selventää luettavuutta tasossa. Luettavuutta voidaan parantaa myös viivan paksuuteen vaikuttamalla (kuva 14).



Kuva 14. Ote ravintolakohteen tasosta, jossa kaapelipaketti piirrettynä hyllyä pitkin.

Kaapelipaketin piirrettyä voidaan liittää ryhmät kaapelipakettiin. Piirrettäessä ryhmäjohdot asetetaan ryhmälle tarvittavat tiedot pääkaaviota varten, kuten normaalisti, mutta keskukseen liittämisen sijaan yhdistetään ryhmä kaapelipakettiin valitsemalla connect-toiminto, minkä jälkeen osoitetaan haluttua kaapelipakettia kuvasta, josta toiminto automaattisesti osaa lukea keskustunnuksen yhdistääkseen ryhmän keskukseen (kuva 15). Yhdistäminen käytännössä tarkoittaa sitä, että ohjelma osaa lukea ryhmään kuuluvat johdotukset ja vie ne aina keskukselle asti.

Kuva 15. Ote ryhmän määrittelystä

Kaapeliluettelo vaatii tietomallimaisen asenteen suunnittelijan asenteeseen. Piirrettävien objektien korkojen määrittäminen on tärkeää, jos halutaan laskea mallinnettuja kaapelien pituuksia. Jos objektien korot eivät ole oikealla tasolla, objektien väliset kaapelien pituudet eivät vastaa todellisuutta mallissa. Tämän takia tämä soveltuu parhaiten tietomallikohteisiin, jossa täytyy muutenkin pitää näistä huoli. Yksinkertaisimmillaan kun halutaan saada kaapelien kokonaismäärät, tulos on kuvan 16 mukainen.

Kaapeli	Yhteispituus (m)	Yhteismäärä (kpl)
MMJ 3x1,5 N	55.2	19
MMJ 3x1,5 S	120.2	18
MMJ 3x2,5 S	177.0	16
MMJ 3x10 S	0.4	1
MMJ 5x1,5 S	1.9	2
MMJ 5x2,5 S	23.6	5

Kuva 16. Ote kaapeliluettelosta

Luetteloon on nyt saatu kaikki kaapelit, jotka piirustukseen on piirretty ja pituuksissa on huomioitu kaapelipaketin ansiosta myös keskukselle asti menevät kaapelit. On kuitenkin selvää, että kaapelien piirtämisellä ja todellisella asentamisella on eronsa, mikä vaikuttaa todelliseen kaapelimäärään. Heittona se ei kuitenkaan ole ratkaiseva, kunhan piirtää todellisilla koroilla. Kaapelin lisääminen määräluetteloon on epävarmempi ratkaisu kuin pisteluettelo. On myös mahdollista tuottaa vain ryhmäjohtot, minkä jälkeen voisi ryhmän sisäiset kaapeloinnit suorittaa alueittain mitattujen keskipituuksien mukaan.

## 8 Päätelmät

Määräluettelon käyttö tuo lisää työkaluja kustannusten optimoimiseen ja vähentää urakoitsijoiden työmäärää merkittävästi, mutta lisäämättä kuitenkaan kohtuuttomasti suunnittelijoiden työtä. Suunnittelijalta vaativa osaaminen riippuu pitkälti luettelon laajuudesta, mutta ensimmäinen askel olisi pisteluettelo, jonka saaminen ulos suunnitteluohjelmasta joko tasokuvaan liitettäväksi tai erilliseksi tiedostoksi ei ole nykYTEknologialla aikaa vievää. Tältä osin saavutettiin tavoitteet ja saatiin toimiva ohjeistus ja malli pisteluetteloa varten.

Tutkittuani mahdollisuuksia lisätä kaapelien pituudet suunnitelmasta luetteloon, tulin siihen tulokseen, että kaapeleiden pituuksia voi saada ulos piirustusteknisesti, mutta sen laajuudessa on vielä tutkimisen varaa. Yksityiskohtaisemman ja todellisemman kaapelien piirtämisen suhde niiden kustannuksiin ajankäyttö huomioon ottaen, ei kaikkia kaapeleita nykyisillä työkaluilla ole vielä kustannusten kannalta järkevää. Usein esimerkiksi valaisimissa pituudet mitataan alueittain keskipituuksien mukaan. Kuitenkin, kaapelipaketin ansiosta voidaan saada irti järkevästi ryhmäjohtot, johtotiet ja nousujohtot.

Käyttökohteina tutkimani ratkaisut soveltuvat parhaiten isompiin tiloihin, jossa on selkeät pääjohtoreitit. Kokeilin tapoja erilaisiin kohteisiin työni puolesta ja koulunprojekteihin, kuten toimistoihin, ravintolaan, kouluun ja kerrostaloon. Tällaisissa kohteissa on usein selkeät johtoreitit, joten kaapelipaketin piirtäminen ja siihen liitettävät ryhmät ovat vaivattomampaa. Lisäksi pienimissä kohteissa kuten omakotitaloissa ei ole järkevää lähteä toteuttamaan tämäntasoisia ratkaisuja, paitsi mahdollisesti pisteluetteloa.

Pelkästään teknisistä ratkaisuista ei hyödynnettävyys jää kuitenkaan kiinni. Taustalla vastuukysymykset ja tilaajan aloitteellisuus ovat isoja kysymyksiä, jotka pitäisi ensin

ratkaista. Tilaajien pitäisi määritellä tarjouspyynnössä jo määrelaskentaan liittyvät asiat. Tosiasia on kuitenkin se, että tilaaja saa nykyisilläkin menetelmillä urakoitsijoilta tarjouksia normaaliin tapaan, joten heidän halukkuus maksaa yhtään enempää on epätodennäköistä. Rakentamista halutaan nopeuttaa ja kustannuksia säästää, joten vaikka määreluettelo aiheena tuntuu merkityksettömältä, kokonaiskuvassa sillä voidaan saada isoja säästöjä.



## Lähteet

- 1 Pisteiden määrät ja sähköiset tarjouspyyntöasiakirjat. ST 13.80.
- 2 Sisäinen materiaali. Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy.
- 3 Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE 18. ST 41.10.
- 4 Harsia, Pirkko. 2004. Sähkösuunnittelun käsikirja. Espoo. Sähköinfo
- 5 Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumentoinnista. ST 13.28.
- 6 Sohrabi, Farid. 2017. Lisä- ja muutostyöt sähköurakointikohteissa. Insinööritoimisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu
- 7 Nurmio, Jarno. Lehtori. Metropolia. Helsinki. Sähköurakointikurssi. 2017.
- 8 Jaakkola, Jari. 2005. Aliurakoiden hallintamenettely projektinjohtourakassa. Insinööritoimisto. Tampereen ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 9 An Introduction to Building Information Modeling (BIM). 2017. Verkkoaineisto. < <https://www.thebalancesmb.com/introduction-to-building-information-modeling-bim-845046>> Luettu 3.3.2018.
- 10 Yleiset tietomallivaatimukset, Osa 11 projektin johtaminen. 2012. Verkkoaineisto. < [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_11\\_projektin\\_johtaminen.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_11_projektin_johtaminen.pdf)> Luettu 1.4.2018.
- 11 Yleiset tietomallivaatimukset, Osa 7 määrälaskenta. 2012. Verkkoaineisto. < [http://www.buildingsmart.fi/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012\\_osa\\_7\\_maaralaskenta.pdf](http://www.buildingsmart.fi/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_7_maaralaskenta.pdf)> Luettu 1.4.2018.
- 12 Lamberg, Kati. 2014. Sähköinen määrälaskenta. Insinööritoimisto. Lapin ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 13 Tietomallisuunnittelu yleistyy verkkaisesti. 2016. Verkkoaineisto. < <https://talotekniikka-lehti.fi/tietomallisuunnittelu-yleistyy-verkkaisesti/>> Luettu 5.4.2018.

